(19) JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 62104117 A

(43) Date of publication of application: 14.05.1987

(51) Int. Cl H01L 21/20
H01L 21/263, H01L 29/78

(21) Application number: 60242890

(22) Date of filing: 31.10.1985

(71) Applicant: ASAHI GLASS CO LTD

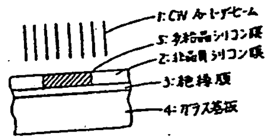
(72) Inventor: YUKI MASAKI

(54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR THIN FILM

(57) Abstract:

PURPOSE: To contrive the lowering of a process temperature by determining a scanning velocity at a beam spot diameter × 5,000/sec or above when an amorphous semiconductor thin film is irradiated with laser beams such as Cw Ar laser beams by scanning.

CONSTITUTION: On a substrate 4 made of soda-lime glass, a silicon oxide film 3 is deposited to 2,000Å at 350°C of substrate temperature by plasma CVD technique using SiH_4 and N_2O as material gases. Subsequently, an amorphous silicon film 2 is deposited to 3,000Å at the same substrate temperature 350°C by using SiH_4 as a material gas. Next,this amorphous silicon film is irradiated with CW Ar laser beams 1 by scanning. The diameter of a beam spot is 100μm and the scanning velocity 1.2m/sec (beam spot diameter × 12,000/sec) and laser power 9W. The diameter of a crystal grain of the obtained polysilicon film 5 is 0.2W3.0μm and the amorphous silicon film which is dark red and almost opaque at that time becomes to show a light yellow color and an almost transparent state by the scanning irradiation with the laser beams.



T008569

⑲日本国特許庁（JP）　⑪特許出願公開

⑫公開特許公報（A）　昭62-104117

⑤Int.Cl.⁴	識別記号	庁内整理番号	㊸公開 昭和62年(1987)5月14日
H 01 L 21/20		7739-5F	
21/263			
29/78		8422-5F	審査請求 未請求 発明の数 1 （全7頁）

㊹発明の名称　半導体薄膜の製造方法

㉑特　願　昭60-242890

㉒出　願　昭60(1985)10月31日

㉗発明者　結城　正記　秦野市南矢名1668-6

㉑出願人　旭硝子株式会社　東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

㉔代理人　弁理士　梅村　繁郎

明　細　書

1．発明の名称

半導体薄膜の製造方法

2．特許請求の範囲

(1) 絶縁性基板上に非晶質半導体薄膜を形成し、レーザービームを走査照射することにより、該非晶質半導体薄膜を多結晶半導体膜となす半導体薄膜の製造方法において、レーザービームの走査速度をビームスポット径×5000／秒以上として完全な溶融状態に至らしめることなく結晶化させることを特徴とする半導体薄膜の製造方法。

(2) 非晶質半導体薄膜が非晶質シリコン薄膜である特許請求の範囲第1項記載の半導体薄膜の製造方法。

(3) 非晶質半導体薄膜の膜厚を4000Å以下とする特許請求の範囲第1項又は第2項記載の半導体薄膜の製造方法。

(4) レーザービームの波長が20000〜1000Åである特許請求の範囲第1項又は第2項記載の半導体薄膜の製造方法。

(5) レーザービームがCW Arレーザーである特許請求の範囲第4項記載の半導体薄膜製造方法。

(6) 絶縁性基板がガラス基板である特許請求の範囲第1項記載の半導体薄膜製造方法。

3．発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は絶縁性基板上の薄膜トランジスタ等の製造に用いられる半導体薄膜の製造方法に関するものである。

【従来の技術】

ガラス基板等の絶縁性基板上に形成された薄膜トランジスタ（TFT）は、液晶やエレクトロルミネッセンス等を用いた平面ディスプレイ装置に用いられているアクティブマトリクスとして有望視されている。この薄膜トランジスタを形成する為の絶縁性基板上の半導体薄膜として、従来、非晶質シリコン膜を用いる方法、及

び多結晶シリコン膜を用いる方法が提案されている。

第1の非晶質シリコン膜を用いる方法では、プラズマCVD法等によって、膜の堆積温度が一般に300℃以下で行われ、トランジスタ形成のプロセス全般の温度も含めて低温プロセスであることによって、耐熱温度の高くない安価なガラス基板が使え、さらに成膜装置も大型化し易いので、アクティブマトリクスとしての基板の大型化が容易であるとして、有力な方法とされている。しかし、非晶質シリコン膜では膜の導電率が小さいのでアクティブマトリクスとして充分なトランジスタのオン電流を得る為に、トランジスタ寸法を大きくする必要があり、信頼性や画素の開口率の低下を招くという欠点を有するし、又キャリア移動度が低い為に、トランジスタの動作速度が遅く、アクティブマトリクスとして駆動画素数に限界があること及びアクティブマトリクスの周辺走査回路を同一基板上に形成できないという欠点を有している。さらに、非晶質シリコン膜では光導電性が大きい為に、トランジスタのオフ時に光電流が発生し、光照射下では電流のオン・オフ比が著しく低下するという欠点も存在している。

これらの欠点に対して、第2の多結晶シリコン膜を用いる方法が提案されている。多結晶シリコン膜は通常減圧CVD法により形成され、膜物性として、非晶質シリコン膜と比較して導電率、キャリア移動度は1桁以上大きく、光導電性が小さいので、より高性能で高信頼のアクティブマトリクスの形成が可能で、前記の非晶質シリコン膜を用いた場合の欠点を解決する方法として精力的に検討がなされている。

【発明の解決しようとする問題点】

従来、ガラス基板上への多結晶シリコン膜形成法は、減圧CVD法やプラズマCVD法が用いられている。

しかし、これらの形成法では形成時の基板温度が600℃以上必要であり、それより低温度では非晶質シリコン膜しか得られない。従って用いるガラス基板は、通常のソーダライムガラスより耐熱温度の高い石英ガラス等の高価なガラス基板材料を必要とする。又、この温度域での減圧CVD法やプラズマCVD法の膜形成装置は、より低温度域での非晶質シリコン膜用のプラズマCVD装置等に比較して大型化が難しく基板サイズの大型化への対応が非常に困難である。又別の多結晶シリコン膜形成法として分子線蒸着法も提案されているが、550℃程度のやゝ低い基板温度が可能であるが、基板サイズの大型化への対応の点では前述の形成法よりもさらに困難となり、又より高価な装置となる。

以上の様に従来の多結晶シリコン膜形成法では形成温度と使えるガラス基板の耐熱温度及び基板サイズの大型化への対応の可能性の面で大きな欠点を有していた。

又、前述の如き欠点を解決する方法として絶縁膜上に形成した非晶質シリコン膜に CW Ar レーザービームを照射し、多結晶シリコン膜となす方法が提案されている。(Applied Physics Letters, vol.38 (1981), No.8, pp 613-615)

この場合でも前記非晶質シリコン膜の形成温度を 500℃以上とする必要があり、プロセス温度として 500℃以上を必要とするという大きな欠点を有していた。

【問題を解決するための手段】

本発明は、従来の絶縁性基板への多結晶半導体薄膜形成法が持つ前述の問題点を解決すべくなされたものであり、絶縁性基板上に非晶質半導体薄膜を形成し、レーザービームを走査照射することにより、該非晶質半導体薄膜を多結晶半導体膜となす半導体薄膜の製造方法において、レーザービームの走査速度をビームスポット径×5000/秒以上として完全な溶融状態に至らしめることなく結晶化させることを特徴とする半導体薄膜の製造方法である。

本発明の構成においては、まず、ガラス基板、セラミック基板等の絶縁性基板上にプラズマCVD法或は光CVD法、減圧CVD法、電子ビーム蒸着法等の方法によって、非晶質シリ

コン膜に代表される非晶質半導体薄膜を堆積する。この時の堆積膜厚は4000Å～100Åとすることが好ましい。一般に、SiH_4、Si_2H_6等の水素化物を原料ガスとしたプラズマCVD法や光CVD法による非晶質半導体薄膜の形成においては基板温度が低い場合、著しく多量の水素が非晶質半導体薄膜中に取り込まれるが、レーザービームの照射によって該非晶質半導体薄膜が結晶化する際この水素がガス化して噴出し、安定な結晶化を妨げるので、基板温度は300℃以上とする代りに、非晶質シリコン膜を形成後350℃程度の温度で不活性ガス雰囲気中又は真空中で保持すること等により、脱水素処理を行ってもよい。

このとき、非晶質シリコン膜等の非晶質半導体薄膜の堆積膜厚を4000Å以下とすることが好ましい理由を説明する。4000Åを超える膜厚では、後に行うレーザービーム照射の際、膜中に含まれていた水素のガス化噴出の影響が強く、得られる多結晶半導体薄膜に、キレツ、ボイド、さらに剥離等が発生しやすいので基板温度を300℃以上とすることでこれを防ぐ必要がある。これに対し膜厚4000Å以下では、基板温度を300℃以上とする必要はなく、かつレーザーのパワーの許容範囲が広くなるからである。なお、この非晶質半導体薄膜は100Å未満ではTFT化が困難であり、100Å以上の厚膜とすることが好ましい。

よって、非晶質半導体薄膜の膜厚は4000Å以下で適宜定めることが好ましいが、通常2000～3000Å程度とされればよい。

又、該非晶質半導体薄膜を形成する際、前もって絶縁性基板上に酸化シリコン膜や窒化シリコン膜等の絶縁膜を、堆積しておいてもよい。

又、非晶質半導体薄膜は、予め島状にパターニングしてあってもよい。次いで、この非晶質半導体薄膜にレーザービームを走査照射する。レーザービームのスポット径は、適宜定めれば良いが、後に形成するトランジスタの組込寸法より充分大きくしておくことが好ましいが、大きくするにつれ必要なレーザー光源のパワーも増大する為、通常は30～200μmが選ばれる。

本発明では、レーザービームの走査速度をビームスポット径×5000/秒以上に選ぶ。これにより非晶質半導体薄膜は、完全な溶融状態に至ることなく結晶化し、多結晶半導体薄膜とすることができる。

本発明で使用されるレーザービームは波長26000Å～1000Å程度の連続発振レーザーによるものがあり、例えばYAGレーザー、He-Neレーザー、アレキサンドライトレーザー、Arレーザー、Krレーザー及びこれらの高調波レーザー、色素レーザー、エキシマーレーザー等が使用できる。中でも可視光域から紫外域のレーザーが好ましい。

このレーザービームの走査速度は前述の如くビームスポット径×5000/秒以上とされ、通常最大でもビームスポット径×500000/秒以下とされる。なお、具体的には40m/秒以下とされることが好ましい。これにより、非晶質半導体薄膜は完全な溶融状態に至ることなく結晶化し、多結晶半導体薄膜とすることができる。

以下、その理由をレーザービームを走査照射するときの非晶質半導体薄膜の変化とその時のレーザーパワーとの関係から説明する。まず、或る走査速度において照射レーザーパワーを充分に小さい値から増加させるとき、非晶質半導体薄膜が結晶化を示し始めて多結晶半導体薄膜となる第1のレーザーパワー閾値が現われる。この完全な溶融状態を経ないでの結晶化については後で詳しく説明する。さらにレーザーパワーを増加させると、ついに半導体薄膜が溶融状態に至り、第2のレーザーパワー閾値が見い出される。安定して多結晶半導体薄膜とする為に、この第1、第2の両レーザーパワー閾値の間で照射レーザーパワーを選択する必要がある。しかし、走査速度が遅い場合、この両レーザーパワー閾値の間隔が小さくなり、さらに遅くした

場合ついには両因値間に、安定して多結晶半導体薄膜となすのに適したレーザーパワーの設定マージンが存在しなくなる。これに対し、走査速度が遅い場合、速い場合に比較してレーザーパワーの両値は共に増加し同時に間隔は開き、レーザーパワーの設定マージンが拡がる。ここで、走査速度の望ましい範囲がビームスポット径との関係で存在する理由は、ビームスポット径より充分に小さい被照射部分について見ると、或る走査速度の場合照射時間がビームスポット径に比例し、照射エネルギーがこの照射時間にほぼ比例するという関係にあるからである。以上の理由から、走査速度は、ビームスポット径×5000/秒とされる。

これによって、非晶質半導体薄膜は完全な溶融状態に至ることなく結晶化し、極く短時間のうちに、多結晶半導体薄膜となることが出来、耐熱温度の低い安価なガラス基板の使用が可能であり、かつ、基板サイズの大型化も容易に対応可能となる。

なお、非晶質シリコン膜にレーザービームを走査照射する際、非晶質半導体薄膜上に予め酸化シリコン膜や窒化シリコン膜等の絶縁膜を形成し、レーザービームの反射防止膜或は表面保護膜として用いても良い。

本発明でいう非晶質半導体薄膜とは狭義の意味で、完全な非晶質構造を有するものだけではなく、粒径が50nm未満の微細な結晶粒子が含まれるいわゆる微結晶半導体薄膜をも含むものである。本発明の非晶質半導体薄膜としては非晶質シリコン膜が最適なものであるが非晶質ゲルマニウム等の他の非晶質半導体薄膜にも適用できる。又、本発明でいうビームスポット径は、照射面においてレーザーパワーの約87%以上が内包される径をさす。

前述の非晶質半導体薄膜が、完全な溶融状態を経ないで結晶化することについて説明する。

一般にエネルギーを与えて結晶化又は結晶粒成長を起させる場合、溶融させた後再固化させる方法又は、融点以下の高温で非常に長時間保持する方法等が行われている。前者は、再固化の速度が速くても10cm/秒以下と一般に遅く限られ、かつ、融点以上の高温度を要する。後者の方法では、保持温度が融点より下がるにつれ、非常な長時間の処理例えば100時間以上を要する。

これに対し、非晶質半導体薄膜にレーザー光を照射する場合、非晶質半導体薄膜に特有な光誘起構造変化及び固相での結晶化及びこの時の結晶化熱の発生等の現象が存在し、これ等の結果、完全な溶融状態を経ることなく、超高速での結晶化が可能となるものであり、本発明ではこの現象を利用して低温高速の結晶化を可能としている。

【作用】

本発明は、ガラス基板等の絶縁性基板上に形成した非晶質シリコン膜等の非晶質半導体薄膜へCW Arレーザービーム等のレーザービームを走査照射することにより、完全な溶融状態を経ることなく多結晶シリコン膜等の多結晶半導体薄膜とすることが可能であり、その時の絶縁性基板温度は平均的にはほとんど上昇せず、部分的かつ瞬間的にも半導体材料の溶融温度よりはるかに低く、さらに物性値として定義されている非晶質半導体薄膜いわゆる結晶化温度よりも充分低い温度に止まるため耐熱性の低い絶縁性基板が使用できる。

さらに前記非晶質半導体薄膜の膜厚を4000Å以下としておくことにより、堆積温度が600℃未満であっても、レーザービーム照射時の水素のガス状噴出によるキレツ、ボイド、剥離等の欠陥の発生を容易に防ぐことが出来る。

又、本発明における非晶質半導体薄膜の結晶化速度は、一般にレーザーアニール法と呼ばれる方法に見られる溶融状態から固化再結晶化する場合に比較して非常に速く、レーザービームを走査照射する走査速度をビームスポット径×5000/秒以上にしても結晶化させることが可能であり、低温でかつ高速で結晶化させることができる。又、この様な走査速度において、安定

に多結晶半導体薄膜とすることができるレーザーパワーの設定マージンが充分広く取れるという利点も有する。

本発明は非晶質半導体薄膜として非晶質シリコン膜への適用が最も適しているが、非晶質ゲルマニウム膜等の他の非晶質半導体薄膜に適用してもよいことはもちろんである。

〔実施例〕

実施例1

ソーダライムガラスからなる基板上に、SiH_4及びN_2Oの原料ガスを用いてプラズマCVD法により、基板温度350℃で酸化シリコン膜（SiO_2）を2000Å堆積し、これに連続してSiH_4ガスを原料として同じく基板温度350℃にて非晶質シリコン膜を8000Å堆積した。次に、この非晶質シリコン膜に、CW Arレーザービームを走査照射する。ビームスポット径は100μm走査速度は1.2m／秒（ビームスポット径×12,000／秒）、レーザーパワー9Wとした。

得られた多結晶シリコン膜の結晶粒子径は0.2～3.0μmであった。このとき、暗赤色で不透明に近い非晶質シリコン膜は、レーザービームの走査照射により、淡黄色で透明に近い状態を呈した。

第1図はこの走査状態を示す断面図であり、1はCW Arレーザービーム、2は非晶質シリコン膜、3は絶縁膜、4はガラス基板を示しており、図の前後方向に走査することにより、非晶質シリコン膜の部分が多結晶シリコン膜5に結晶化しているところを示している。

比較例1～7

これに対しレーザーパワーを11Wに増加させた場合（比較例1）、非晶質シリコン膜は照射後透明に近いがガラス基板上で凝集状態を示して荒れており、均質な膜状を呈していなかった。これは、溶融状態に至ったことを示す。

又、レーザーパワーを7Wとした場合（比較例2）、非晶質シリコン膜は照射後、照射前に比較してわずかに透光性が減少したのみで多結晶シリコン膜に変わっていなかった。

実施例1と同じに形成した非晶質シリコン膜に、CW Arレーザービームを実施例1と同じく100μm、走査速度を比較例として0.25m／秒（ビームスポット径2000倍／秒）で走査照射した場合、レーザーパワーが2.8Wのとき（比較例3）、非晶質シリコン膜は照射前より透光性が少し減少したのみで多結晶化は認められなかったがレーザーパワーが3.1Wのとき（比較例4）は、照射表面から凝集状に変形して荒れて、透明に近く変化し、溶融状態に至ったことを示し、第2図に示すようにさらにガラス基板表面も凹凸状に変形を呈し、かつ部分的にはマイクロクラック6の発生も認められた。

該非晶質シリコン膜の膜厚を5000Åとした場合、CW Arレーザービームを実施例1と同じ条件（ビームスポット径100μm、走査速度1.2m／秒、レーザーパワー9W）で照射したところ（比較例5）、第3図に示す如く、多結晶シリコン膜に多数のボイド7及びボイドを連結する様なキレツの発生がみられた。このとき、レーザーパワーを7Wとした場合（比較例6）は比較例2と同様に透光性の減少の変化を示したのみで、多結晶シリコン膜が形成されなく、11Wとした場合（比較例7）は、比較例1と同様の凝集状態で荒れていることに加え、部分的には、膜の剥離も認められた。

実施例2

このとき、非晶質シリコン膜を基板温度500℃と高くして膜厚を同様に5000Åとして、CW Arレーザービームを上記条件と同様のビームスポット径100μm、走査速度1.2m／秒で照射したところ、レーザーパワー9Wのとき、実施例1における9W照射時と同等の多結晶シリコン膜が得られたが、8Wのとき比較例2と同様に透光性の減少の変化に止まり、10Wのときは、第3図に示す如く、多結晶シリコン膜に多数のボイド及びボイドを連結するキレツの発生がみられ、結果として多結晶シリコン膜を得られたが、実施例1に示した場合に比較して、レーザーパワーの設定マージンは小さく、かつ

温度も高くする必要があった。

〔発明の効果〕

以上の如く本発明は、ガラス基板等の絶縁性基板上の非晶質シリコン膜等の非晶質半導体薄膜にCW Arレーザービーム等のレーザービームを走査照射する際、走査速度をビームスポット径×5000／秒以上とすることにより、非晶質半導体薄膜が完全な溶融状態に到ることなく結晶化して、安定して多結晶半導体薄膜となる様にしたこと、さらに、前記非晶質半導体薄膜の堆積膜厚を4000Å以下とすることにより、使用可能な非晶質半導体薄膜の堆積温度として500℃以下に低温化できるため、多結晶半導体薄膜を形成する基板温度として従来法に比して500℃未満のプロセス温度として低温化でき、絶縁性基板材料として通常のガラス基板が使え、又、基板サイズの大型化にも充分対応可能となり、平面ディスプレイ装置用のアクティブマトリクスの製造方法において、従来の多結晶半導体薄膜形成法によるものより、非常に優れて有用なものである。

又、本発明による方法によれば、絶縁性基板上の非晶質半導体薄膜の特定の部分のみを選択的に多結晶半導体薄膜とすることが可能で、同一絶縁性基板上で非晶質半導体薄膜として用いる部分と多結晶半導体薄膜として用いる部分とを膜形成工程及びフォトリソグラフィーによるパターニング工程とを別途に付け加えることなく、容易に製造可能となる。

さらに本発明による方法は、多層構造の半導体装置の製造にも適用でき、既に素子や回路を形成した半導体装置上の絶縁膜上に低温度で形成した非晶質半導体薄膜に適用し、既に形成してある下層の素子・回路に熱的なダメージを与えることなく、多結晶半導体薄膜を形成し、素子化することが可能となる。

4. 図面の簡単な説明

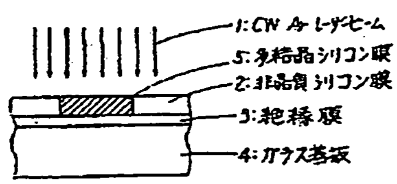
第1図は本発明の実施例において非晶質シリコン膜が安定して多結晶シリコン膜となることを示す断面図。

第2図及び第3図は比較例における多結晶シリコン膜の状態を示す断面図。

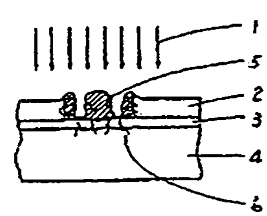
1 ---- CW Arレーザービーム
2 ---- 非晶質シリコン膜
3 ---- 絶縁膜
4 ---- ガラス基板
5 ---- 多結晶シリコン膜
6 ---- マイクロクラック
7 ---- ボイド

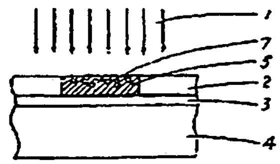
代理人 元井成治

第1図



第2図





第 3 図

English Tranlation of Japanese Patent Laid-Open 62-104117

Published: May 14, 1987

Inventor(s): Masaki Yuijo

Translated: June 4, 1998

JAPAN PATENT OFFICE(JP)
PATENT APPLICATION PUBLICATION
PATENT PUBLICATION OFFICIAL REPORT(A)
SHO62-104117
Int.Cl.4 H 01 L 21/20 21/263 29/78
IDENTIFICATION NUMBER:
IN-OFFICE SERIAL NUMBER:7739-5F,8422-5F
PUBLICATION:May 14,1987
SUBSTANTIVE EXAMINATION:NOT REQUESTED
THE NUMBER OF INVENTION:1(total pages 7)

1.Title of the Invention: A Method for Manufacturing A Semiconductor Thin Film
Patent Application Sho 60-242890
Application October 31,1985

2.Inventors
Address: 1668-6, Minami-yana, Hatano-shi,Japan
Name:Masaki Yuijo

3.Applicant
Address:1-2, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku,Tokyo, Japan
Name:Asahi Glass Co., Ltd.

4.Agent Patent lawyer Shigeo Tsugamura

Specifications

1. Title of the Invention

A Method for Manufacturing A Semiconductor Thin Film

2. Claims

(1) A method for manufacturing a semiconductor thin film wherein a noncrystalline semiconductor thin film is formed on a insulating substrate and the above noncrystalline semiconductor thin film is made into polycrystalline semiconductor thin film by scanning and radiation of a laser beam, the above method being characterized in that the scanning speed of the laser beam is set over beam spot diameter x 500/second, thereby crystallization is made without reaching at a complete melting condition.

(2) A method for manufacturing a semiconductor thin film set forth in claim 1 wherein the noncrystalline semiconductor thin film is a noncrystalline silicon thin film.

(3) A method for manufacturing a semiconductor thin film set forth in

(3) A method for manufacturing a semiconductor thin film set forth in claim 1 or 2 wherein the thin film thickness of the non crystalline semiconductor thin film is set below 4000Å.

(4) A method for manufacturing a semiconductor thin film set forth in claim 1 or 2 wherein the wavelength of the laser beam is 20000 to 1000Å.

(5) A method for manufacturing a semiconductor thin film set forth in claim 4 wherein the laser beam is a CW Ar laser.

(6) A method for manufacturing a semiconductor thin film set forth in claim 1 wherein the insulating substrate is a glass substrate.

3. Detailed Description of the Invention

[Field of the Invention]

The present invention relates to a method for manufacturing a semiconductor thin film to be used in the manufacturing of thin film transistors or so on insulating substrates.

[Prior Art]

There are great expectations for a thin film transistor (TFT) formed on an insulating substrate such as a glass substrate as an active matrix desirable for a plane display apparatus using crystal liquid, electroluminescence and so forth. As a semiconductor thin film on an insulating substrate to form this thin film transistor, a method using a noncrystalline silicone film and a method using a polycrystalline silicon film are conventionally suggested.

In the above first method using a noncrystalline silicone film, film accumulation is made in general at temperature below 300°C by the plasma CVD method or so, and the whole process of transistor formation is made at low temperature, therefore, low-priced glass substrate with not so high heat resistance temperature can be used and further it is possible to make a accumulating apparatus large, accordingly, it is easy to make a substrate as an active matrix large, and it is an effective method. However, the conductivity of a noncrystalline silicon film is small, so as to obtain a transistor ON current enough as an active matrix, it is necessary to make a transistor dimension large, which leads to decline in reliability and pixel opening rate.Since carrier transfer degree is low, transistor action speed is slow and there is a limit in the number of pixels to be controlled as active matrix, and further it is impossible to form scanning circuits around active matrix on the same substrate, which have been problems. Moreover, the optical conductivity of a noncrystalline silicon film is large, as a result, optical current is

generated when a transistor gets OFF and the current ON/OFF rate at beam radiation is conspicuously deteriorated, which has been another problem.

To solve the above problems, suggested is the second method using a polycrystalline silicon film. A polycrystalline silicon film is in general formed by use of reduced pressure CVD method, as for its film characteristics, the conductivity and carrier transfer degree both appear larger by one digit in comparison with a noncrystalline silicon film, and optical conductivity is small, therefore, it is possible to form an active matrix with higher performance and higher reliability, as a consequence, this method is now under energetic examinations as the method to solve the problems with the above method using noncrystalline silicon film.

[Problems to be Solved by the Invention]

Conventionally, as a method to form a polycrystalline silicon film on a glass substrate, reduced pressure CVD method and plasma CVD method have been employed.

However, in these methods, it is necessary to keep the substrate temperature over 600°C at film formation and at temperature below that, only a noncrystalline silicon film can be obtained. Therefore, it is necessary to use high-priced glass substrate materials such as quartz glass and so having higher heat resistance temperature than that of ordinary soda lime glass. And in this temperature range, it is difficult to make a film forming apparatus by reduced pressure CVD method and CVD method large in comparison with plasma CVD apparatus or so for noncrystalline silicon film at lower temperature range and it is very difficult to make a substrate size large. And also suggested is molecular beam vapor deposition method as a method for forming a polycrystalline silicon film, where a bit lower substrate temperature around 550°C is available, nevertheless, it is far difficult to make the substrate size large than the abovementioned method and an apparatus according to the method will cost high.

As mentioned above, the conventional methods for forming a polycrystalline silicone film have had big problems in formation temperature and glass substrate heat resistance temperature and the countermeasures for large size of substrate.

As a method to solve the above problems, a method is suggested where CW Ar laser beam is radiated onto a noncrystalline silicon film formed on an insulating film and thereby a polycrystalline silicon film is formed. (Applied Physics Letters, vol.38 (1981), No.8, pp 613-615) Even

in this case, it is necessary to make the formation temperature of the above noncrystalline silicon film over 500°C, and also process temperature over 500°C is required, which have been another problem.

[Means to Solve the Problems]

The present invention has been made so as to solve the problems with the conventional methods for forming a polycrystalline semiconductor thin film on an insulating substrate, accordingly,the process of scanning and radiation of laser beam after forming noncrystalline semiconductor thin film on a insulating substrate made above noncrystalline semiconductor thin film into polycrystalline semiconductor thin film, the above method being characterized in that the scanning speed of the laser beam is set over beam spot diameter x 500/second, thereby crystallization is made without reaching at a complete melting condition.

In a structure of the present invention, first, a noncrystalline semiconductor film represented by a noncrystalline silicon film is accumulated onto an insulating substrate such as a glass substrate, a ceramic substrate and so forth by plasma CVD method or optical CVD method, reduced pressure CVD method, electron beam deposition method and so forth. At this moment, it is preferable to make the accumulate film thickness 4000Å to 100Å. Generally, in formation of a noncrystalline semiconductor thin film by plasma CVD method or optical CVD method with hydrides such as SiH_4, Si_2H_6 and so as raw material gas, when the substrate temperature is low, a great deal of hydrogen is taken into a noncrystalline semiconductor thin film and when the noncrystalline semiconductor thin film is crystallized by radiation of a laser beam, hydrogen shoots up to come out, preventing stable crystallization, therefore, dehydrogenation processing may be carried out by making the substrate temperature over 300°C, and keeping the noncrystalline silicon film in inactive gas atmosphere or vacuum at around 350°C after film formation.

The reason why it is preferable to make the accumulated film thickness of noncrystalline semiconductor thin film such as a noncrystalline silicon film and so forth below 4000Å is explained hereinafter. As film thickness exceeding 4000Å, at laser beam radiation to be carried out later, it is strongly influenced by shooting up hydrogen which is included in the film, and obtained polycrystalline semiconductor thin film will occur cracks, voids, and peeling off, so it is necessary to avoid this by making the accumulation temperature over

500°C. On the other hand, at film thickness below 4000Å, there is no need to make accumulation temperature over 500°C and the allowable range of laser power is widened. By the way, it is difficult to make this noncrystalline semiconductor thin film into TFT at below 100Å and it is preferable to make film thickness over 100Å.

Accordingly, it is preferable to appropriately decide the film thickness of a noncrystalline semiconductor thin film below 4000Å, and normally, it may be set from 2000 to 3000Å.

And when the noncrystalline semiconductor thin film is formed, an insulating film of oxide silicon film, nitride silicon film or so may be accumulated on the insulating substrate in advance.

And the noncrystalline semiconductor thin film may be patterned in advance. Then, laser beam is scanned and radiated onto this noncrystalline semiconductor thin film. The spot diameter of laser beam may be decided appropriately, but it is preferable to make it larger than the short side dimension of a transistor to be formed later, however, the larger the diameter is the larger the power of laser beam will be needed, so in general the spot diameter is set from 30 to 200μm.

In the present invention, the scanning speed of the laser beam is set over beam spot diameter x 5000/second, thereby the noncrystalline semiconductor thin film is crystallized and got into a polycrystalline semiconductor thin film without a complete melting condition.

Laser beam used in the present invention may be by continuous oscillating laser with wavelength 20000Å to 1000Å, for example, YAG laser, He-Ne laser, Alexandlight laser, Ar laser, Kr laser and their high frequency laser, dye laser, eximer laser, and so forth may be employed. Especially preferable is laser from visible light range to ultraviolet range.

The scanning speed of the laser beam is set over beam spot diameter x 5000/second as mentioned above, and in general, it is below beam spot diameter x 500000/second even at most. By the way, in concrete, it is preferable to set it below 40 m/second. Thereby, crystallization of the noncrystalline is made without reaching at a complete melting condition.

The reason is explained hereinafter with the relation between the change of noncrystalline semiconductor thin film at scanning and radiation of laser beam and laser power. First, when the radiation laser power is increased from a sufficiently small value in a certain scanning speed, a first laser power threshold value appears at which the

noncrystalline semiconductor thin film starts crystallization and gets into a polycrystalline semiconductor thin film. Crystallization without a complete melting condition is explained in details later herein. When the laser power is increased further, the semiconductor thin film finally reaches melting condition, and a second laser power threshold value is seen. In order to obtain a stable polycrystalline semiconductor thin film, it is necessary to select radiation laser power at between the first and second laser power threshold values. However if scanning speed is slow, the intervals between the first and second laser power threshold values becomes small and further when the scanning speed is lower, there is no margin for setting of laser power suitable for forming a stable polycrystalline semiconductor thin film. On the other hand, when scanning speed is fast, the laser power threshold values increase more in comparison with the case at low speed and the interval becomes large and the laser power setting margin expands. The reason why the preferable range of scanning speed lies in the relationship with beam spot diameter is that when attention is paid to radiate portion sufficiently smaller than beam spot diameter, in a certain scanning speed, radiation time is in proportion to beam spot diameter and radiation energy is almost in proportion to this radiation time. From the above reason, scanning speed is set at beam spot diameter x 5000/second.

Thereby, the noncrystalline semiconductor thin film is crystallized without a complete melting condition, and can become a polycrystalline semiconductor thin film in a short time, consequently, it is possible to use low-priced glass substrate with low heat resistance temperature, and also it is possible to cope with large size substrate.

By the way, when laser beam is scanned and radiated onto a noncrystalline silicon film, an insulating film such as oxide silicon film or nitride silicon film and so forth may be formed on noncrystalline semiconductor thin film in advance, and be used as coating of laser beam or surface protective film.

A noncrystalline semiconductor thin film in the present invention includes not only one having a complete noncrystalline structure in a narrow meaning, but also so-called crystallite semiconductor film, i.e., one having fine crystal particles which is diameter below 50 nm. As a noncrystalline semiconductor thin film in the present invention, a noncrystalline silicon film is most suitable and also may be applied to other noncrystalline semiconductors such as noncrystalline germanium

and so forth. And the beam spot diameter in the present invention means the diameter including over 87% of laser power on a radiation surface.

Now explanation is made on the crystallization of the above noncrystalline semiconductor thin film without a complete melting condition.

In general, when crystallization or crystal particle growth is conducted by giving energy, a method of re-caking after melting or a method of maintaining for a very long time at a high temperature below a fusing point is adopted. In the former method, the speed of re-caking is in general as slow as below 10 cm/second at fastest and a high temperature over melting point is required. In the latter method, as maintenance temperature goes below fusing point, a long time process, for example, over 100 hours, is required.

On the contrary, when laser beam is radiated onto a noncrystalline semiconductor thin film, there exist characteristic optical inductive structural change and crystallization at solid phase and heat generation of crystallization and so forth peculiar to noncrystalline semiconductor thin film, as a result, crystallization at high speed is enabled without a complete melting condition, and in the present invention, this phenomena in the present invention is used so as to realize crystallization at low temperature and at high speed.

[Action]

According to the present invention, a laser beam such as CW Ar laser beam and so forth is scanned and radiated onto a noncrystalline semiconductor thin film and so such as a noncrystalline silicon thin film formed on an insulating substrate such as a glass substrate and so, thereby it is possible to make polycrystalline semiconductor thin film such as polysilicon film without reaching at a complete melting condition and the insulating substrate temperature hardly increase on average and it is far lower than the melting temperature of semiconductor raw material partially and instantaneously, and also is lower than so-called crystallization temperature, i.e., noncrystalline semiconductor thin film temperature defined as a characteristic value, therefore, it is possible to use an insulating substrate with a low heat resistance.

Moreover, the film thickness of noncrystalline semiconductor thin film is set below 4000Å, even if the accumulation temperature is under 500°C, it is possible to prevent cracks, void, peeling off and other failures owing to shooting up hydrogen at radiation of laser beam.

And the crystallization speed of noncrystalline semiconductor thin film in the present invention is far faster than the speed in the case of caking and recrystallization from melting condition seen in what is called laser anneal method and even if the scanning speed for scanning and radiating a laser beam is set over beam spot diameter x 5000/second, crystallization is enabled and it is possible to crystallize in the low temperature and in high speed. And there is another effect that it is possible to take enough wide margin to set laser power with which polycrystalline semiconductor thin film can be attained stably at such a scanning speed.

The present invention is most suitable for application to a noncrystalline silicon film as a noncrystalline semiconductor thin film, however, it is understood well that the present invention may be applied to other noncrystalline semiconductor thin films such as noncrystalline germanium film and so forth.

[Descri[illegible] of Preferred Embodiments]

Pref[illegible] Embodiment 1

[illegible] substrate made of soda lime glass, by use of raw gas of SiH4 an[illegible] [illegible], and by plasma CVD method, oxide silicon film (SiO_2) was ac[illegible]ulated 2000Å at substrate temperature 350°C,continuously,by use of [illegible]w gas of SiH_4 noncrystalline silicon film was accumulated 3000Å in the same way. Then, CW Ar laser beam was scanned and radiated onto this noncrystalline silicon film. The beam spot diameter was 100É m, the scanning speed was 1.2 m/second (beam spot diameter x 12,000/second), and laser power was 9W.

The crystal particle diameter of the obtained polycrystalline silicon film was 0.2 to 3.0μm. At this moment, the dark red and almost opaque noncrystalline silicon film turned into light yellow and almost transparent status by scanning and radiation of the laser beam.

FIG.1 is a sectional diagram showing this scanning condition, wherein the code 1 is a CW Ar laser beam, the code 2 is a noncrystalline silicon film, the code 3 is an insulating film, the code 4 is a glass substrate, and scanning is made in backward and forward directions in the diagram and the portion of noncrystalline silicon film is crystallized into a polycrystalline silicon film,the code5.

Comparative Examples 1 to 7

While, when laser power was increased to 11W (Comparative Example 1), the noncrystalline silicon film was almost transparent after radiation, but it appeared to flocculated and be rough on the glass

substrate and did not show a uniform condition. This means it is reached at melting condition.

And when laser power was increased to 7W (comparative Example 2), the noncrystalline silicon film did not turn into a polycrystalline silicon film though only its light transmission was reduced after radiation.

In the case that on a noncrystalline silicon film formed in the same manner as the preferred embodiment 1, CW Ar laser beam was scanned and radiated 100μm same as the preferred embodiment 1, 0.20 m/second (beam spot diameter 2000 times/second)as the scanning speed, if laser power was 2.8W(Comparative Example 3), the noncrystalline silicon film did not show polycrystallization though only its lighti transmission was reduced a bit after radiation, but if laser power was 3.1W (Comparative Example 4), the noncrystalline silicon film appeared flocculation and rough from radiation surface, changed into almost transparent status, which showed that it reached a melting condition and as shown in FIG.2, the surface of the glass substrate appeared concaves and convexes, and partially microcracks,the code6 were seen.

When the thickness of the noncrystalline silicon film was 5000Å, CW Ar laser beam was radiated under the same condition in the preferred embodiment 1 (beam spot diameter 100μm, scanning speed 1.2 m/second, laser power 9W) (Comparative Example 5), as shown in FIG.3, many voids and many cracks just like linking void,the code7 were seen on the polycrystalline silicon film. At that moment, when laser power was set to 7W (Comparative Example 6), it only showed reduction of light transmission as same as the Comparative Example 2 and polycrystalline silicon film was not formed, while, when laser power was set to 11W (Comparative Example 7), it appeared flocculation and rough as same as the Comparative Example 1, in addition, film was recognized to scatter partially.

Preferred Embodiment 2

At that moment, when the substrate temperature was set as high as 500°C and the film thickness of the noncrystalline silicon film was set 5000Å and CW Ar laser beam was radiated under the same conditions as the above, beam spot diameter 100μm and scanning speed 1.2 m/second, if laser power was 9W, the noncrystalline silicon film similar to that at 9W in the preferred embodiment 1 was obtained, but at 8W only reduction of light transmission was seen as same in the Comparison

Example 2, while at 10W, as shown in FIG.3, many cracks just like linking voids and many voids were seen on the polycrystalline silicon film, as a consequence, polycrystalline silicon film was obtained, however, in comparison with the case shown in the preferred embodiment 1, the setting margin of laser power was small and also it was necessary to raise the temperature.

[Effect of the Invention]

As mentioned heretofore, in the present invention, when a laser beam such as CW Ar laser beam or so is scanned and radiated onto a noncrystalline semiconductor thin film such as a noncrystalline silicon film on an insulating substrate such as a glass substrate or so, scanning speed is set over beam spot diameter x 5000/second, thereby the noncrystalline semiconductor thin film is crystallized without a complete melting condition and becomes stably a polycrystalline semiconductor thin film and further the accumulated film thickness of the above noncrystalline semiconductor thin film is set below 4000Å, thereby it is possible to set the accumulation temperature of usable noncrystalline semiconductor thin film under 500°C, as a consequence, it is possible to use a normal glass substrate as insulating substrate raw material, and also it is possible to cope with the large size of substrate, thus the present invention is very excellent and useful in a method for manufacturing active matrix for plane display apparatuses in comparison with the conventional methods for forming polycrystalline semiconductor thin film.

Moreover, a method according to the present invention, it is possible to selectively make only a specific portion of noncrystalline semiconductor thin film on an insulating substrate a polycrystalline semiconductor thin film, thereby it is possible to easily manufacture a portion to be used as a noncrystalline semiconductor thin film on the same insulting structure and a portion to be used as a polycrystalline semiconductor thin film without separate arrangement of film forming process and patterning process by photolithography.

Moreover, a method according to the present invention may be applied to the manufacturing of multilayer semiconductor devices too and if a method is applied to a noncrystalline semiconductor thin film that is formed at low temperature on insulting film on a semiconductor device which have already formed elements and circuits, it is possible to form a polycrystalline semiconductor thin film and arrange elements without giving heat damage onto elements and circuits formed already

in lower layer.

4. Brief Description of the Drawings

FIG.1 is a sectional diagram showing a noncrystalline silicon film becoming stably polycrystalline silicon film.

FIG.2 and FIG.3 are sectional diagrams showing the conditions of the polycrystalline silicon films in comparative examples.

1 CW Ar laser beam
2 Noncrystalline silicon film
3 Insulating film
4 Glass substrate
5 Polycrystalline silicon film
6 Microcrack
7 Void

[FIG.1]

1 CW Ar laser beam
5 Polycrystalline silicon film
2 Noncrystalline silicon film
3 Insulating film
4 Glass substrate

[FIG.2]

[FIG.3]

Agents Kenji Motohashi and another